包膜酸化剂和小肽螯合铁及其互作对38~44周龄蛋鸡夏季产蛋性能、蛋品质及血清生化指标的影响

罗 玲[1] 曲湘勇[1*] 韩奇鹏[1] 彭豫东[1] 彭灿阳[1] 曹冬梅[2] 孙安权[2]

（1.湖南农业大学动物科学技术学院，湖南畜禽安全生产协同创新中心，长沙 410128；2. 奥格生物技术（上海）有限公司，上海 201203）

摘 要：本试验旨在研究包膜酸化剂和小肽螯合铁及其互作对38~44周龄蛋鸡夏季产蛋性能、蛋品质及血清生化指标的影响。采取2×4完全随机试验设计，在基础饲粮设2个包膜酸化剂添加水平（0和300 mg/kg）和4个小肽螯合铁添加水平（0、0.04%、0.08%和0.12%）。试验选用38周龄、健康的罗曼粉壳蛋鸡576只，随机分成8组，每组6个重复，每个重复12只。A、B、C和D组饲粮分别在基础饲粮中添加0 mg/kg包膜酸化剂和0（对照组）、0.04%、0.08%或0.12%小肽螯合铁（铁含量分别为0、60、120和180 mg/kg），E、F、G和H组饲粮分别在基础饲粮中添加300 mg/kg包膜酸化剂和0、0.04%、0.08%或0.12%的小肽螯合铁（铁含量分别为0、60、120和180 mg/kg）。预试期1周，正试期6周。结果表明：1）包膜酸化剂以及包膜酸化剂和小肽螯合铁互作对哈氏单位有显著影响（$P<0.05$）。B、H组总产蛋数较对照组分别提高了4.57%、4.45%（$P>0.05$），F组蛋壳厚度显著大于对照组（$P<0.05$），B、H组料蛋比显著小于G组（$P<0.05$），E、F和G组哈氏单位显著高于D组（$P<0.05$）。2）包膜酸化剂对血清中各生化指标均无显著影响（$P>0.05$），小肽螯合铁对血清中钙、磷、铁含量有显著影响（$P<0.05$），包膜酸化剂和小肽螯合铁互作对血清中总胆固醇、钙、磷含量有显著影响（$P<0.05$）。D组血清碱性磷酸酶活性显著低于对照组（$P<0.05$），H组血清中总胆固醇含量显著低于B、C组（$P<0.05$），并较对照组降低了15.48%（$P>0.05$），B、F组血清中钙含量显著高于E组（$P<0.05$），C组血清中磷含量显著高于E组（$P<0.05$），C组血清中铁含量显著高于对照组和E、H组（$P<0.05$）。综合考虑，在饲粮中单独添加0.04%小肽螯合铁或与300 mg/kg包膜酸化剂复合使用，均有利于提高38~44周龄蛋鸡夏季的产蛋性能、改善蛋品质和血清生化指标。

关键词：产蛋鸡；包膜酸化剂；小肽螯合铁；产蛋性能；蛋品质；血清生化指标

收稿日期：2016-11-18
基金项目：湖南农业大学产学研合作项目（11110，13098）
作者简介：罗 玲（1992-），女，湖南娄底人，硕士研究生，研究方向为家禽生产科学与饲料营养。E-mail：870026006@qq.com
*通信作者：曲湘勇，教授，博士生导师，E-mail： quxy99@126.com

中图分类号：S816　　文献标识码：A　文章编号：

动物的营养状况影响机体的免疫功能和对疾病的抵抗力，机体的健康水平也影响动物的营养需求模式[1-2]。研究证实，酸化剂能降低饲料 pH 和酸结合力，活化胃内酶原，调节肠道微生态平衡，预防动物肠道病原微生物疾病，促进营养物质消化吸收，增强免疫，缓解应激等[3-4]。包膜酸化剂具有缓释和持续酸化的特点，比未包被的无机酸、有机酸的应用效果更稳定有效。铁是畜禽最重要的微量元素之一，是血红蛋白、肌红蛋白、细胞色素和多种氧化酶的组成成分，参与机体组织内氧的正常运输，直接影响机体蛋白质和能量的代谢，间接影响机体的免疫机能。蛋鸡所需的铁主要来源于饲粮，铁摄入量过高或过低均会影响蛋鸡的健康水平。NRC(1994)[5]建议家禽饲粮铁含量为 50~120 mg/kg，耐受量为 2 000 mg/kg。小肽螯合铁，作为一种新型营养铁添加剂，比无机铁和有机铁具有更高的稳定性、安全性，吸收利用率和生物学效价更高，对提高畜禽的生产性能、健康水平以及减少环境污染等方面都具有巨大的潜力和重要的经济效益[6-8]。本试验利用包膜酸化剂和小肽螯合铁的优势，通过在蛋鸡饲粮添加，研究两者及其互作对 38~44 周龄产蛋鸡夏季产蛋性能、蛋品质及血清生化指标的影响，为进一步研究小肽螯合铁在蛋鸡上的生产应用以及饲粮中营养素互作效果积累经验，同时也为开发蛋鸡健康养殖技术提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

包膜酸化剂：由深圳市威尔潞威生物技术有限公司提供，乳酸含量≥200 g/kg，富马酸含量≥150 g/kg，柠檬酸含量≥150 g/kg，*L*-苹果酸含量≥20 g/kg，水分≤10％。

小肽螯合铁：由奥格生物技术有限公司提供，为含有 2～3 个氨基酸的大豆小肽螯合型微量元素（螯合率≥95％），铁元素含量≥15%，水分含量≤10％。

1.2 试验设计与饲养管理

试验于 2015 年 6 月至 2015 年 7 月在湖南天心黄鸡育种有限公司鸡场进行，选用 38 周龄正处于产蛋高峰期[产蛋率（92.16±2.54）%]、体重和生产性能相近的健康的罗曼粉壳蛋鸡 576 只，随机分成 8 个组，每组 6 个重复，每个重复 12 只。A、B、C 和 D 组饲粮在基础饲粮中分别添加 0 mg/kg 包膜酸化剂和 0（对照组）、0.04%、0.08%或 0.12%的小肽螯合铁（其铁含量分别为 0、60、120 和 180 mg/kg），E、F、G 和 H 组饲粮在基础饲粮分别添加 300 mg/kg 包膜酸化剂和 0、0.04%、0.08%或 0.12%的小肽螯合铁（其铁含量分别为 0、60、120 和 180 mg/kg）。预试期 1 周，正试期 6 周。基础饲粮营养水平参考《鸡饲养标准》（NY/T 33—2004）[9]和 NRC（1994）[5]家禽营养需要量，其组成及营养水平见表 1。

试验蛋鸡采用上、中、下 3 层阶梯式笼养，各重复均匀分布于鸡舍同列各层，鸡舍温度为 24~32 ℃，相对湿度为 75%~85%，自由采食、饮水，每天光照时间为 16 h，自然光照和人工光照相结合，按鸡场常规管理程序进行清洁和消毒。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 产蛋性能和蛋品质

试验期间每日记录各组（以重复为单位）日采食量、产蛋数、蛋重、软破壳蛋数以及存活鸡数，并计算整个试验期的平均蛋重、总产蛋数、平均日采食量、料蛋比以及死淘率。

在试验结束当天采集各组所产蛋各 12 枚进行蛋品质测定。使用 Orka Food Technology 公司的蛋壳厚度测定仪测定蛋壳厚度，用分析天平称量蛋重和蛋黄重，计算蛋黄比率（100×蛋黄重/蛋重），用 Orka Food Technology 公司的鸡蛋品质测试仪测定哈氏单位。

表 1 基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis) %

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
玉米 Corn	64
豆粕 Soybean meal	24
石粉 Limestone	7
预混料 Premix[1)]	5
合计 Total	100
营养水平 Nutrient levels[2)]	
代谢能 ME/（MJ/kg）	11.53
粗蛋白质 CP	16.54
钙 Ca	3.52
有效磷 AP	0.36
赖氨酸 Lys	0.74
蛋氨酸 Met	0.38
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.67

[1)]预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of the diet:VA 6 000 U，VD_3 2 500 U，VE 25 IU，VK_3 2.25 mg，VB_{12} 0.18 mg，VB_6 4 mg，VB_2 5.5 mg，VB_1 1.75 mg，泛酸 pantothenate 12 mg，植酸酶 phytase 400 U，生物素 biotin 0.14 mg，烟酸 nicotinic acid 34 mg，叶酸 folic acid 0.8 mg，胆碱 chloride 350 mg，NaCl 3.7 g，Ca 5 g，P 1 g，Cu 7.5 mg，Se 0.15 mg，Fe 75 mg，Zn 60 mg，Mn 60 mg，I 0.35 mg。

[2)]营养水平均为计算值。Nutrient levels were all calculated values.

1.3.2 血清生化指标

试验结束当天 08:00 空腹对鸡只进行采血，每组按重复随机选取 12 只鸡翅静脉采血 5

mL，倾斜采血管，静置 30 min 后，于 3 000 r/min 离心 10 min，吸取上清液 0.5~1.0 mL，分装于 1.5 mL 离心管中，标记组别和日期，置于-20 ℃冰箱保存待测。血清中碱性磷酸酶（ALP）活性及总胆固醇（TC）、甘油三酯（TG）、尿酸（UA）、葡萄糖（Glu）、钙、磷、铁含量用全自动生化分析仪（迈瑞 BS-200）及配套试剂测定。

1.4 统计分析

试验数据用 SAS 9.2 统计软件的 GLM 程序进行方差分析，组间重复用 Duncan 氏法多重比较。试验结果采用平均值（mean）和平均值的标准误（SEM）表示。

2 结果与分析

2.1 包膜酸化剂和小肽螯合铁及其互作对蛋鸡夏季产蛋性能和蛋品质的影响

由表 2 可知，除包膜酸化剂以及包膜酸化剂和小肽螯合铁互作对哈氏单位有显著影响（P＜0.05）外，包膜酸化剂和小肽螯合铁及其互作对平均蛋重、总产蛋数、平均日采食量、料蛋比、死淘率、蛋壳厚度、蛋黄比率无显著影响（P＞0.05）。B、H 组总产蛋数较对照组分别提高了 4.57%、4.45%（P＞0.05），F 组蛋壳厚度显著大于对照组（P＜0.05），B、H 组料蛋比显著小于 G 组（P<0.05），B 组料蛋比较对照组降低了 4.29%（P＞0.05），E、F 和 G 组哈氏单位显著高于 D 组（P<0.05）。

表 2 包膜酸化剂和小肽螯合铁及其互作对蛋鸡夏季产蛋性能和蛋品质的影响

Table 2 Effects of coated acidifier and small peptide chelated iron and their interaction on laying performance and egg quality of laying hens in summer

组别 Groups	小肽螯合铁 Small peptide chelated iron/%	包膜酸化剂 Coated acidifier/(mg/kg)	平均蛋重 Average egg weight/g	总产蛋数 Total egg number	平均日采食量 Average daily feed intake/g	料蛋比 Feed to egg ratio	死淘率 Death and culling rate /%	蛋壳厚度 Egg shell thickness/mm	蛋黄比率 Egg yolk ratio/%	哈氏单位 Haugh unit
A	0	0	61.74	539.52	118.42	2.10^{abc}	2.22	0.442^{b}	25.10	67.47^{ab}
B	0.04	0	62.36	564.16	119.95	2.01^{c}	2.22	0.471^{ab}	25.80	68.01^{ab}
C	0.08	0	62.44	517.76	119.15	2.09^{abc}	6.67	0.472^{ab}	26.40	70.25^{ab}
D	0.12	0	61.46	512.96	119.47	2.19^{ab}	4.44	0.477^{ab}	25.60	61.93^{b}
E	0	300	61.82	510.08	120.10	2.14^{abc}	6.67	0.473^{ab}	26.50	73.80^{a}
F	0.04	300	61.40	547.20	123.48	2.12^{abc}	4.44	0.492^{a}	27.70	74.84^{a}
G	0.08	300	62.05	538.56	124.91	2.22^{a}	2.22	0.483^{ab}	24.10	73.61^{a}
H	0.12	300	61.54	563.52	116.62	2.04^{bc}	0.00	0.466^{ab}	27.00	67.96^{ab}

SEM		0.49	16.83	2.64	0.05	2.94	0.013	1.51	3.53
主效应 Main effects									
小肽螯合铁 Small peptide chelated iron/%	0	61.78	524.80	119.26	2.12	4.44	0.457	25.80	70.64
	0.04	61.88	555.68	121.71	2.07	3.33	0.481	26.75	71.43
	0.08	62.25	528.16	122.03	2.15	4.44	0.477	25.25	71.93
	0.12	61.50	538.24	118.05	2.11	2.22	0.471	26.30	64.95
SEM		0.34	12.57	1.87	0.04	2.10	0.009	1.06	2.45
包膜酸化剂 Coated acidifier/(mg/kg)	0	62.00	533.60	119.25	2.10	3.89	0.465	26.42	66.92^{b}
	300	61.70	539.84	121.28	2.13	3.33	0.478	27.00	72.55^{a}
SEM		0.24	8.89	1.32	0.03	1.48	0.006	0.75	1.73
双因素方差分析 *P* 值 *P*-value of two-way ANOVA	小肽螯合铁 Small peptide chelated iron	0.492	0.318	0.375	0.476	0.856	0.232	0.774	0.166
	包膜酸化剂 Coated acidifier	0.386	0.623	0.283	0.438	0.793	0.152	0.574	0.024
	小肽螯合铁×包膜酸化剂 Small peptide chelated iron×coated acidifier	0.529	0.434	0.372	0.538	0.931	0.179	0.838	0.041

同列数据肩标不同小写字母表示差异显著（*P*<0.05），不同大写字母表示差异极显著（*P*<0.01），相同或无字母表示差异不显著（*P*>0.05）。下表同。

In the same column, values with different small letter superscripts mean significant difference (*P*<0.05), and with different capital letter superscripts mean significant difference (*P*<0.01), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (*P*>0.05). The same as below.

2.2 包膜酸化剂和小肽螯合铁及其互作对蛋鸡夏季血清生化指标的影响

由表 3 可知，包膜酸化剂对血清中各生化指标均无显著影响（*P*＞0.05）；小肽螯合铁对血清中钙、磷、铁含量有显著影响（*P*＜0.05），对血清中其他生化指标无显著影响（*P*＞0.05），蛋鸡血清中甘油三酯、钙、磷、铁含量随着小肽螯合铁添加水平的增大呈先增加后减少的趋势；包膜酸化剂和小肽螯合铁互作对血清总胆固醇、钙、磷含量有显著影响（*P*＜0.05），对血清中其他生化指标无显著影响（*P*＞0.05）。D 组血清碱性磷酸酶活性显著低于对照组（*P*＜0.05），H 组血清中总胆固醇含量显著低于 B、C 组（*P*＜0.05），并较对

照组降低了 15.48%（P＞0.05），B、F 组血清中钙含量显著高于 E 组（P＜0.05），C 组血清中磷含量显著大于 E 组（P<0.05），C 组血清中铁含量显著高于对照组和 E、H 组（P＜0.05）。

表 3 包膜酸化剂和小肽螯合铁及其互作对蛋鸡夏季血清生化指标的影响

Table 3 Effects of coated acidifier and small peptide chelated iron and their interaction on serum biochemical parameters of laying hens in summer

组别 Groups	小肽螯合铁 Small peptide chelated iron/%	包膜酸化剂 Coated acidifier/(mg/kg)	碱性磷酸酶 ALP/(U/L)	总胆固醇 TC/(mmol/L)	甘油三酯 TG/(mmol/L)	尿酸 UA/(umol/L)	葡萄糖 Glu/(mmol/L)	钙 Ca/(mmol/L)	磷 P/(mmol/L)	铁 Fe/(mg/L)
A	0	0	728.53^{a}	2.52^{ab}	8.04	114.87	11.86	4.01^{ab}	2.41^{ab}	9.91^{b}
B	0.04	0	454.65^{ab}	2.97^{a}	12.02	100.91	11.21	4.74^{a}	3.04^{ab}	14.68^{ab}
C	0.08	0	513.24^{ab}	2.99^{a}	10.68	153.84	11.10	4.57^{ab}	3.76^{a}	20.98^{a}
D	0.12	0	318.13^{b}	2.55^{ab}	9.32	158.79	11.90	4.42^{ab}	2.48^{ab}	12.14^{ab}
E	0	300	699.10^{ab}	2.32^{ab}	9.30	154.31	12.05	3.57^{b}	1.83^{b}	10.50^{b}
F	0.04	300	453.13^{ab}	2.90^{ab}	12.27	128.89	11.36	4.91^{a}	3.13^{ab}	15.92^{ab}
G	0.08	300	577.12^{ab}	2.27^{ab}	9.01	126.58	11.59	4.47^{ab}	2.59^{ab}	14.68^{ab}
H	0.12	300	576.74^{ab}	2.13^{b}	9.05	138.00	11.82	4.19^{ab}	2.43^{ab}	10.94^{b}
SEM			121.36	0.26	1.35	22.59	0.35	0.34	0.42	2.93
主效应 Main effects										
小肽螯合铁 Small peptide chelated iron/%	0		698.80	2.42^{ab}	8.67^{b}	134.59	11.95	3.79^{b}	2.12^{b}	10.20^{b}
	0.04		453.90	2.93^{a}	12.14^{a}	114.90	11.29	4.83^{a}	3.08^{a}	15.21^{ab}
	0.08		545.20	2.63^{ab}	9.85^{ab}	140.21	11.35	4.52^{a}	3.17^{a}	17.83^{a}
	0.12		447.40	2.34^{b}	9.18^{b}	148.40	11.86	4.31^{ab}	2.45^{ab}	11.54^{b}
SEM			85.21	0.18	0.95	16.01	0.25	0.24	0.30	2.06
包膜酸化剂 Coated acidifier/(mg/kg)		0	569.02	2.76	10.01	132.10	11.52	4.43	2.92	14.38
		300	503.64	2.41	9.91	136.95	11.70	4.29	2.49	13.01
SEM			60.25	0.13	0.67	11.32	0.17	0.17	0.21	1.46
双因素方差分析 P 值 P-value of two-way ANOVA		小肽螯合铁 Small peptide chelated iron	0.139	0.095	0.057	0.502	0.132	0.022	0.040	0.043
		包膜酸化剂 Coated acidifier	0.445	0.053	0.908	0.763	0.455	0.534	0.155	0.509

小肽螯合铁×包膜酸化剂 Small peptide chelated iron×coated acidifier	0.192	0.042	0.107	0.651	0.187	0.040	0.037	0.072

3 讨 论

3.1 包膜酸化剂和小肽螯合铁及其互作对蛋鸡夏季产蛋性能和蛋品质的影响

研究表明，产蛋高峰期的母鸡处于生产应激下，其繁殖性能最为旺盛，代谢水平最大，自身抵抗力较弱，易受环境因素和营养因素的影响；夏季舍温偏高，湿度和氨气浓度升高，易导致蛋鸡的健康、生产水平下降，死淘率升高[10]。酸化剂作为一种绿色饲料添加剂，在夏季产蛋鸡饲粮中合理添加，可改善鸡体内酸碱平衡和胃肠道形态功能，提高抗应激水平[11]。而小肽螯合铁作为新型营养铁添加剂，能为动物同时补充氨基酸和铁，也有利于提高家禽的产蛋性能和健康水平。本试验发现，在统计学上，各组蛋鸡的死淘率和总产蛋数差异不显著，但饲粮中同时添加 300 mg/kg 包膜酸化剂和 0.12%小肽螯合铁组蛋鸡的死淘率为 0，总产蛋数比对照组提高了 4.45%，说明夏季产蛋高峰期蛋鸡饲粮中同时添加 300 mg/kg 包膜酸化剂和 0.12%小肽螯合铁有利于减少死淘率，并维持和提高产蛋高峰期的产蛋性能；饲粮中单独添加 0.04%小肽螯合铁组蛋鸡的料蛋比比对照组降低了 4.29%，总产蛋数提高了 4.57%，说明夏季产蛋高峰期蛋鸡饲粮中添加 0.04%小肽螯合铁有利于提高生产效益和饲料转化率，与 Bess 等[12]在肉种鸡饲粮添加肉骨粉和氨基酸螯合铁的研究结果和唐圣果等[13]在东乡黑羽绿壳蛋鸡饲粮中添加甘氨酸亚铁的研究结果基本吻合。本试验结果表明，包膜酸化剂与小肽螯合铁互作对哈氏单位有显著影响，与 Paik 等[14]的研究结果相似。Paik 等[14]以 65 周龄的海兰褐蛋鸡为研究对象，在基础饲粮（含 52.5 mg/kg 无机铁）中分别添加 100 mg/kg 蛋氨酸螯合铁（Fe-Met）及 100、200 mg/kg 铁螯合大豆肽（Fe-SP），饲喂 35 d 后发现 100、200 mg/kg Fe-SP 组蛋重和哈氏单位均显著提高，说明通过营养措施在一定程度上可以改善蛋品质。包膜酸化剂和小肽螯合铁可能通过协同改善胃肠道营养吸收能力，提高机体的健康水平，从而提高鸡蛋的新鲜度，具体原因需要更深层次的研究。本试验中，饲粮中同时添加 300 mg/kg 包膜酸化剂和 0.04%小肽螯合铁可显著提高蛋壳厚度，与魏艳红等[15]在东乡绿壳蛋鸡饲粮中添加包膜复合酸化剂的研究结果和刘艳利等[16]在罗曼褐壳蛋鸡饲粮中添加酸化剂（主要成分：丁酸甘油酯、丁香油、肉桂油和牛至油）的研究结果相似，这可能是因为酸化剂促进了饲粮中钙、磷的吸收和沉积。而陈杰等[17]以产蛋高峰期“京红 1 号”蛋鸡为研究对

象，研究发现饲粮质添加 1.5 g/kg 有机酸化剂对蛋品质无显著影响。上述结论的差异可能是由于饲粮、鸡种、饲养阶段、酸化剂种类等因素的不同造成的。

3.2 包膜酸化剂和小肽螯合铁及其互作对蛋鸡夏季血清生化指标的影响

血清生化指标与家禽机体代谢、营养状况和疾病有十分密切的关系，是反映机体状况和生理活动的敏感指标。血清碱性磷酸酶是一种含锌酶，由成骨细胞产生，反映动物肝脏和骨骼的生理机能状况。血清总胆固醇和甘油三酯含量反映血脂代谢水平。尿酸是禽类体内嘌呤代谢的最终产物，广泛存在于鸡血浆和组织中，能清除血浆中约 2/3 的自由基，与痛风有相关性，是反映肾脏受损的敏感指标[18]。血清中的葡萄糖由胰岛素和胰高血糖素共同调控，反映机体糖类代谢状况。血清中的钙、磷含量则反映机体对钙、磷的吸收利用情况。血清中铁含量是反映机体是否缺铁的敏感指标。本试验结果表明，包膜酸化剂对蛋鸡血清中各生化指标均无显著影响，与黎宗宝等[19]在文昌鸡饲粮中添加复合有机酸的研究结果基本相符，与魏艳红等[15]在东乡绿壳蛋鸡饲粮中添加包膜复合酸化剂显著提高了血清尿酸含量，提高了血清葡萄糖、钙含量的结论不符，所得结果的差异可能由鸡种、季节、酸化剂剂量等因素所致。本试验中，小肽螯合铁对蛋鸡血清中钙、磷、铁含量均有显著影响，且包膜酸化剂和小肽螯合铁互作对血清总胆固醇、钙、磷含量有显著影响。饲粮中同时添加 300 mg/kg 包膜酸化剂和 0.12%小肽螯合铁组蛋鸡血清中总胆固醇含量比对照组降低了 15.48％，说明促进了脂肪的代谢；饲粮中单独添加 0.08%小肽螯合铁组蛋鸡血清中铁含量显著高于对照组，说明促进了饲粮中铁的吸收；饲粮中单独添加 0.12%小肽螯合铁组蛋鸡血清碱性磷酸酶活性显著降低，说明有利于缓解骨骼损伤。综上，饲粮中添加包膜酸化剂和小肽螯合铁有利于促进钙、磷、铁等营养素的吸收和代谢，一定程度上改善了血清生化指标，提高了机体的健康水平，与 Shi 等[20]和 Ma 等[21]在肉仔鸡饲粮中添加甘氨酸螯合铁的研究结果相似。

4 结　论

① 饲粮中单独添加 0.04%小肽螯合铁或同时添加 300 mg/kg 包膜酸化剂和 0.12%小肽螯合铁均有利于维持和提高蛋鸡产蛋高峰期的产蛋性能和健康水平。

② 饲粮中小肽螯合铁添加水平为 0.04%和 0.08%时有利于饲粮中钙、磷、铁的吸收，与 300 mg/kg 包膜酸化剂同时添加更有利于提高鸡蛋的新鲜度和蛋壳厚度。

③ 综合考虑，在饲粮中单独添加 0.04%小肽螯合铁或与 300 mg/kg 包膜酸化剂复合使用，均有利于提高 38~44 周龄蛋鸡夏季的产蛋性能、改善蛋品质和血清生化指标。

参考文献：

[1]　呙于明.动物免疫营养[M].北京:科学出版社,2011.

[2]　何国茹,姚军虎.营养因素对肉鸡肠道黏膜免疫的影响[J].四川畜牧兽

医,2011,38(6):29–31.
[3] DEHGHANI-TAFTI N,JAHANIAN R.Effect of supplemental organic acids on performance,carcass characteristics,and serum biochemical metabolites in broilers fed diets containing different crude protein levels[J].Animal Feed Science and Technology,2016,211:109–116.
[4] 罗玲,曲湘勇,韩奇鹏,等.酸化剂对畜禽胃肠道作用和免疫机理的研究进展[J].饲料博览,2015(10):49–52.
[5] NRC.家禽营养需要[M].9 版.蔡辉益,文杰,杨禄良 译.北京:中国农业科技出版社,1994:28.
[6] DANIEL H.Molecular and integrative physiology of intestinal peptide transport[J].Annual Review of Physiology,2004,66:361–384.
[7] 苏纯阳,董仲华,香红星.微量元素氨基酸(小肽)螯合物的研究应用进展[J].饲料工业,2002,23(1):15–18.
[8] 罗玲,韩奇鹏,曲湘勇.氨基酸螯合铁在猪和家禽生产中的应用研究进展[J].饲料博览,2015(12):35–40.
[9] 文杰,蔡辉益,呙于明,等.NY/T 33–2004,鸡饲养标准[M].北京:中国标准出版社,2005:11–12.
[10] 刘井宽.蛋鸡产蛋期间死淘率高的原因及防治措施[J].养殖技术顾问,2013(10):25.
[11] 田玉民,袁晓春,李洪峰,等.夏季稳定蛋鸡生产性能的营养学措施[J].黑龙江畜牧兽医,2004(8):26–27.
[12] BESS F,VIEIRA S L,FAVERO A,et al.Dietary iron effects on broiler breeder performance and egg iron contents[J].Animal Feed Science and Technology,2012,178(1/2):67–73.
[13] 唐圣果,曲湘勇,张丽,等.甘氨酸亚铁对绿壳蛋鸡生产性能和蛋黄中铁沉积量的影响[J].中国饲料,2012(24):21–23.
[14] PAIK I,LEE H,PARK S.Effects of organic iron supplementation on the performance and iron content in the egg yolk of laying hens[J].The Journal of Poultry Science,2009,46(3):198–202.
[15] 魏艳红,曲湘勇,蔡超,等.包膜复合酸化剂对东乡绿壳蛋鸡生产性能、矿物元素代谢及血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2015,27(4):1222–1229.
[16] 刘艳利,辛洪亮,黄铁军,等.酸化剂对蛋鸡生产性能、蛋品质及肠道相关指标的影响[J].动物营养学报,2015,27(2):526–534.

[17] 陈杰,沈一茹,张珊,等.酸化剂对蛋鸡产蛋性能、蛋品质和经济效益的影响[J].中国家禽,2015,37(8):58–60.

[18] 杨海斌,张加玲,刘桂英,等.鸡鸭不同组织脏器中嘌呤和尿酸的含量及其分布研究[J].营养学报,2013,35(5):505–507.

[19] 黎宗宝,陈海浪,王学梅.复合有机酸对文昌鸡营养物质代谢及血液理化指标的影响[J].饲料工业,2015,36(8):8–11.

[20] SHI R,LIU D,SUN J,et al.Effect of replacing dietary $FeSO_4$ with equal Fe-levelled iron glycine chelate on broiler chickens[J].Czech Journal of Animal Science,2015,60(5):233–239.

[21] MA W Q,SUN H,ZHOU Y,et al.Effects of iron glycine chelate on growth,tissue mineral concentrations,fecal mineral excretion,and liver antioxidant enzyme activities in broilers[J].Biological Trace Element Research,2012,149(2):204–211.

Effects of Coated Acidifier and Small Peptide Chelated Iron and Their Interaction on Laying Performance, Egg Quality and Serum Biochemical Parameters of 38- to 44-Week-Old Laying Hens in Summer[2]

LUO Ling[1] QU Xiangyong[1*] HAN Qipeng[1] PENG Yudong[1] PENG Canyang[1] CAO Dongmei[2] SUN Anquan[2]

（1. *Collaborative Innovation Center of Hunan Livestock and Poultry Safety Production, College of Animal Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha* 410128, *China*; 2. *Omega Biotech Shanghai Co., Ltd.*, *Shanghai* 201203, *China*)

Abstract: This experiment was conducted to evaluate the effects of coated acidifier and small peptide chelated iron and their interaction on laying performance, egg quality and serum biochemical parameters of 38- to 44-week-old laying hens in summer. A 2×4 factorial completely randomized design was adopted with 2 supplemental levels （0 and 300 mg/kg）of coated acidifier and 4 supplemental levels （0, 0.04%, 0.08% and 0.12%）of small peptide chelated iron in the basal diet. A total of 576 healthy Lohmann pink-shell laying hens (38-week-old) were randomly allotted to 8 groups with six replicates of 12 hens per replicate. The hens in groups A, B, C and D were fed the basal diet supplemented with 0 mg/kg coated acidifier and 0 (control group), 0.04%, 0.08% or 0.12% small peptide chelated iron (the content of iron was 0, 60, 120 and 180

*Corresponding author, professor, E-mail: quxy99@126.com (责任编辑 菅景颖)

mg/kg, respectively), and those in groups E, F, G and H were fed the basal diet supplemented with 300 mg/kg coated acidifier and 0, 0.04%, 0.08% or 0.12% small peptide chelated iron (the content of iron was 0, 60, 120 and 180 mg/kg, respectively). The adjustment period lasted for 1 week, and the experimental period lasted for 6 weeks. (Result) The results showed as follows: 1) coated acidifier and the interaction of coated acidifier and small peptide chelated iron had a significant effect on Haugh unit (*P*<0.05). Total egg number in groups B and H was increased by 4.57％ and 4.45％, respectively, compared with control group (*P*>0.05). Egg shell thickness in group F was significantly higher than that in control group (*P*<0.05). Feed to egg ratio in groups B and H was significantly higher than that in group G (*P*<0.05). Haugh unit in groups E, F and G was significantly higher than that in group D (*P*<0.05). 2) Coated acidifier had no significant effects on serum biochemical indexes (*P*>0.05). Small peptide chelated iron had significant effects on serum calcium, phosphorus and iron contents (*P*<0.05). The combination of coated acidifier and small peptide chelated iron had significant effects on serum total cholesterol, calcium and phosphorus content (*P*<0.05). Serum alkaline phosphatase activity in group D was significantly lower than that in control group (*P*<0.05). Serum total cholesterol content in group H was significantly lower than that in groups B and C (*P*<0.05), and was decreased by 15.48％ compared with control group (*P*>0.05). Serum calcium content in groups B and F was significantly higher than that in group E (*P*<0.05). Serum phosphorus content in group C was significantly higher than that in group E (*P*<0.05). Serum iron content in group C was significantly higher than that in control group and groups E and H (*P*<0.05). In conclusion, adding 0.04% small peptide chelated iron alone or combined with 300 mg/kg coated acidifier are beneficial to improve the laying performance, egg quality and serum biochemical parameters of 38- to 44-week-old laying hens in summer.

Key words: laying hens; coated acidifier; small peptide chelated iron; laying performance; egg quality; serum biochemical parameters